

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11232810 A

(43) Date of publication of application: 27.08.99

(51) Int. Cl

G11B 21/10

(21) Application number: 10028162

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(22) Date of filing: 10.02.98

(72) Inventor: MORI KAZUNORI  
KOSUGI TATSUHIKO

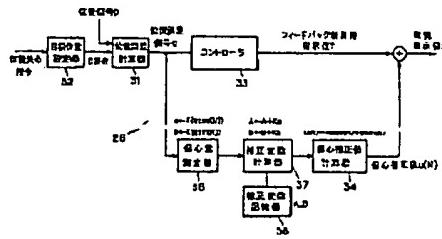
(54) HEAD POSITIONING CONTROL CIRCUIT AND  
RECORDING DISK DEVICE

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cylinder servo circuit for recording disk device capable of sufficiently coping with the high speed of an optical disk.

SOLUTION: An eccentricity measuring instrument 36 totals the x component  $q\cos(n)$  and the y component  $q\sin(n)$  of a position error signal (q) to be measured each sector through which a head passes over one revolution of a disk to calculate total values (a), (b). An eccentricity correction value calculator 34 sets a waveform of  $u(\theta) = A\cos(\theta) + B\sin(\theta)$  based on the total values (a), (b). Since this waveform expresses deviations in the radial direction of the recording cylinder of the eccentric circle of a head locus with respect to the recording cylinder on the disk, a head to be driven in the radial direction of the recording cylinder based on this waveform draws a locus along the recording cylinder. When a feedback control is applied to the head, the head is made to follow up the recording cylinder.



特開平11-232810

(43)公開日 平成11年(1999)8月27日

(51)Int.Cl.<sup>o</sup>

識別記号

F I

G 11 B 21/10

G 11 B 21/10

V

審査請求 未請求 開求項の数15 O.L (全16頁)

(21)出願番号 特願平10-28162

(22)出願日 平成10年(1998)2月10日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 森 和則

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 小杉辰彦

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

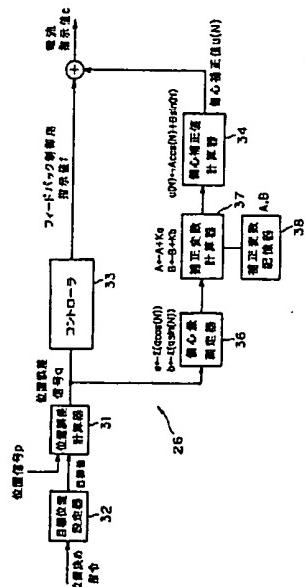
(74)代理人 弁理士 山▲崎▼薰

(54)【発明の名称】 ヘッド位置決め制御回路および記録ディスク装置

## (57)【要約】

【課題】 ディスクの高速化に十分に対応可能な記録ディスク装置用シリンドサーボ回路を提供する。

【解決手段】 偏心量測定器36は、ヘッドが通過するセクタごとに測定される位置誤差信号 $q$ の $x$ 成分 $q_{cos} s(N)$ および $y$ 成分 $q_{sin} s(N)$ をディスク1回転にわたって総計し、総計値 $a$ および $b$ を算出する。総計値 $a$ および $b$ に基づいて、偏心補正值計算器34は $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形を設定する。この波形は、ディスク上の記録シリンドに対するヘッド軌跡偏心円の記録シリンド半径方向ずれ量を示すことから、この波形に基づいて記録シリンド半径方向に駆動されるヘッドは記録シリンドに沿って軌跡を描くこととなる。ヘッドに対してフィードバック制御が実施されれば、ヘッドは確実に記録シリンドを追従することとなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスク1回転における角変数 $\theta$ の変化に応じて、ディスク上の記録シリンダに対するヘッド軌跡偏心円の記録シリンダ半径方向ずれ量 $u(\theta)$ を $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形に設定する偏心補正値計算器と、測定されたヘッド軌跡偏心円および記録シリンダ間の偏心量に基づき余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器とを備えることを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。

【請求項2】 請求項1に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、ディスク上のセクタごとに測定されるヘッド軌跡偏心円の記録シリンダ半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量 $x$ 成分の総計値を算出するとともにずれ量 $y$ 成分の総計値を算出することによって前記偏心量を測定する偏心量測定器を備えることを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。 10

【請求項3】 請求項2に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、前記ずれ量 $x$ 成分の総計値およびずれ量 $y$ 成分の総計値を縮小させて前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器を備えることを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。 20

【請求項4】 請求項2または3に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後に前記ずれ量 $x$ 成分の総計値およびずれ量 $y$ 成分の総計値を算出することを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。

【請求項5】 請求項4に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後、任意の待機期間を経て前記ずれ量 $x$ 成分の総計値およびずれ量 $y$ 成分の総計値を算出することを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。 30

【請求項6】 請求項2または3に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、前記偏心量測定器は、オフセットシーク制御時に前記ずれ量 $x$ 成分の総計値およびずれ量 $y$ 成分の総計値を算出することを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。

【請求項7】 請求項1に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bをヘッドごとに記憶する補正変数記憶器を備えることを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。 40

【請求項8】 請求項7に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、補正変数記憶器に記憶された前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを初期値として用いることを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。

【請求項9】 請求項1に記載のヘッド用シリンダサーボ回路において、ディスク1回転ごとに前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを更新することを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。

【請求項10】 請求項1に記載のヘッド用シリンダサ 50

ーボ回路において、ディスク1回転を複数周期に分解し、各周期ごとに前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを算出することを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路。

【請求項11】 ディスク1回転における角変数 $\theta$ の変化に応じて、ディスク上の記録シリンダに対するヘッド軌跡偏心円の記録シリンダ半径方向ずれ量 $u(\theta)$ を $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形に設定する偏心補正値計算器と、測定されたヘッド軌跡偏心円および記録シリンダ間の偏心量に基づき余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器とを備えるヘッド用シリンダサーボ回路が組み込まれることを特徴とする記録ディスク装置。

【請求項12】 請求項11に記載の記録ディスク装置において、前記ヘッド用シリンダサーボ回路は、ディスク上のセクタごとに測定されるヘッド軌跡偏心円の記録シリンダ半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量 $x$ 成分の総計値を算出するとともにずれ量 $y$ 成分の総計値を算出することによって前記偏心量を測定する偏心量測定器をさらに備えることを特徴とする記録ディスク装置。

【請求項13】 請求項12に記載の記録ディスク装置において、前記ヘッド用シリンダサーボ回路は、前記ずれ量 $x$ 成分の総計値およびずれ量 $y$ 成分の総計値を縮小させて前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器をさらに備えることを特徴とする記録ディスク装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ディスク上で同心状に並ぶ記録シリンダに対しヘッドを追従させる際に用いられるヘッド用シリンダサーボ回路に関する。

【0002】 こうしたシリンダサーボ回路は、例えばハードディスク装置(HDD)に代表される磁気ディスク装置に用いられる。

## 【0003】

【従来の技術】 例えば磁気ディスク装置では、磁気ディスク上で、データが記録される複数の記録シリンダ(円形トラック)が同心状に配列される。磁気ヘッドは、データの書き込み時や読み出し時に、回転する磁気ディスク上で目標とされる記録シリンダに正確に追従しなければならない。

【0004】 磁気ディスクが回転すると、磁気ヘッドは、ディスクの回転中心と同心の円を描くように磁気ディスク上に軌跡を描く。しかしながら、ディスクの回転中心に対して記録シリンダの中心が偏倚していると、磁気ヘッドが記録シリンダに正確に追従することはできなくなってしまう。記録シリンダに対して磁気ヘッドの軌跡が偏心円を描いてしまうからである。こうした記録シリンダに対する磁気ヘッドのずれは、記録密度が高まる

ほど、言い換えれば、記録シリンダの間隔が狭まるほど、データ読み出しの精度を落とす原因となってしまう。

【0005】従来では、磁気ヘッドが記録シリンダから半径方向にずれる位置誤差量を測定し、この位置誤差量に基づいてフィードバック制御が行われている。こうしたフィードバック制御によって、磁気ヘッドは、位置誤差量を解消するようにディスク半径方向に駆動される。その結果、磁気ヘッドが記録シリンダ上を追従するようになるのである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近年、磁気ディスク装置の分野では、転送レートの高速化が求められている。こうした高速化の流れは、磁気ディスクの回転速度の高速化を誘引している。しかしながら、磁気ディスクの回転速度が高速化されると、従来のフィードバック制御は位置誤差量の変化に追随しきれず、正確なシリンダサーボ制御を実現することができなくなってしまった。

【0007】本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、ディスクの回転速度が高速化される場合でも、正確なシリンダサーボ制御を実現することができるヘッド用シリンダサーボ回路を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、ディスク1回転における角変数 $\theta$ の変化に応じて、ディスク上の記録シリンダに対するヘッド軌跡偏心円の記録シリンダ半径方向ずれ量 $u(\theta)$ を $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形に設定する偏心補正值計算器と、測定されたヘッド軌跡偏心円および記録シリンダ間の偏心量に基づき余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器とを備えることを特徴とするヘッド用シリンダサーボ回路が提供される。

【0009】かかるシリンダサーボ回路によれば、ヘッド軌跡偏心円の記録シリンダ半径方向ずれ量の波形に基づいてヘッドを駆動させることができる。したがって、同時にフィードバック制御を実施すれば、フィードバック制御のみでは達成しれない記録シリンダに対するヘッドの正確な追従を達成することができる。

【0010】シリンダサーボ回路は、ディスク上のセクタごとに測定されるヘッド軌跡偏心円の記録シリンダ半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量x成分の総計値を算出するとともにずれ量y成分の総計値を算出することによって前記偏心量を測定する偏心量測定器を備えてもよい。かかる偏心量測定器の働きによれば、ディスクの偏心量を実測し、実測された偏心量に基づいて前記波形を設定することができる。その結果、常に実際の記録シリンダ半径方向ずれ量に対応する偏心補正值を得ることができる。

【0011】加えて、シリンダサーボ回路は、前記ずれ

量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を縮小させて前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器を備えてもよい。かかる構成によれば、実測された偏心量に外乱が影響する場合でも、前記偏心補正值を安定化させることができる。その結果、ヘッド軌跡偏心円は確実に記録シリンダに収束することができる。

【0012】前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後に前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出することが望ましい。シーク制御時には、ヘッドが目標記録シリンダ以外の記録シリンダを横切ることから、実測される偏心量に周期性が見られなくなる。したがって、シーク制御時に偏心量の測定を控えることによって正確な偏心量を測定することが可能となる。

【0013】しかも、前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後、任意の待機期間を経て前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出することが望ましい。オントラック制御中であっても、シーク制御直後にはヘッドの位置が安定化されていない。したがって、待機期間を経ることによって、ヘッドの位置が安定化した後に偏心量を測定することができる。その結果、正確な偏心量の測定が可能となる。

【0014】ただし、前記偏心量測定器は、オフセットシーク制御時に前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出するようにしてもよい。オフセットシーク制御時には、既にヘッドが目標記録シリンダに位置決めされており、シーク制御といつてもヘッドが目標記録シリンダ以外の記録シリンダを横切ることはない。したがって、オフセットシーク制御時に偏心量の測定を実行すれば、ヘッド軌跡を迅速に記録シリンダに収束させることができる。

【0015】さらに、前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bはヘッドごとに補正変数記憶器に記憶されてもよい。余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bをヘッドごとに設定すれば、ディスク面ごとに記録シリンダに対するヘッド軌跡偏心円の偏心量が異なっても、記録シリンダにヘッドを確実に追従させることができるとなる。加えて、補正変数記憶器に記憶された前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを初期値として用いれば、予め記録シリンダに近似したヘッド軌跡を描かせることができることから、ヘッド軌跡を迅速に記録シリンダに収束させることができる。

【0016】前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bはディスク1回転ごとに更新されてもよい。ただし、ヘッド軌跡の安定化が図られた後、そういう更新動作を中止させてもよい。1つのディスク面に対しては1つの偏心量が存在するはずであるから、同一のディスク面に対しても常に余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを更新し続ける

必要は必ずしもない。

【0017】前記シリンダサーボ回路では、ディスク1回転を複数周期に分解し、各周期ごとに前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを算出するようにしてもよい。こうした余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bによれば、偏心以外の要因によって記録シリンダ半径方向ずれ量に現れる周期的な変位を補正することが可能となる。こうした要因には例えばディスクの反り等が考えられる。

【0018】なお、以上のシリンダサーボ回路は、例えばハードディスク装置(HDD)といった磁気ディスク装置に代表される記録ディスク装置に適用されることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

【0020】図1は、ハードディスク装置(HDD)に用いられる磁気ディスクの構造を概略的に示す。この磁気ディスク10は、シリンダ中心CO周りに同心状に並ぶ複数の記録シリンダ(円形トラック)11を備える。記録シリンダ11は例えば2.7μmの間隔で配列されている。磁気ディスク10には、周方向に等分割された例えば60個のセクタ12が設定される。各セクタ12では、サーボフレームと、このサーボフレームに後続するデータフレームとから記録シリンダ11が構成される。

【0021】図2は、サーボフレーム15の構造を概略的に示す。こうしたサーボフレーム15は、例えば、記録シリンダ11の中心軌跡Fに対して半径方向内側に変位された第1サーボマーカ16と、同じく中心軌跡Fに対して半径方向外側に変位された第2サーボマーカ17とを備える。図2(a)に示すように、例えば磁気ヘッド18が正確に記録シリンダ11に沿ってサーボフレーム15をなぞると、第1サーボマーカ16に対応する電気信号と、第2サーボマーカ17に対応する電気信号とが同レベルで連続して現れる。図2(b)に示すように、磁気ヘッド18が磁気ディスク10内側方向にずれてサーボフレーム15をなぞると、第1サーボマーカ16に対応する電気信号は現れるのに対し、第2サーボマーカ17に対応する電気信号は現れないことになる。反対に磁気ヘッド18が磁気ディスク10外側方向にずれつつサーボフレーム15をなぞると、図2(c)に示すように、第1サーボマーカ16に対応する電気信号は現れることとなる。サーボフレーム15を用いれば、こういった電気信号の違いから、記録シリンダ11に対する磁気ヘッド18のずれ量を測定することができる。

【0022】ここで、図1に示すように、シリンダ中心COに対して磁気ディスク10の回転中心ROが偏心量eで偏倚する場合を考える。磁気ヘッド18の軌跡は、記録シリンダ11から偏心したヘッド軌跡偏心円TRを描く。各セクタ12では、図3に示されるように、目標

10

20

30

40

50

とする記録シリンダ11に対して磁気ヘッド18のヘッド軌跡TRが乖離量qでディスク半径方向に乖離する。ここで、任意の出発点から磁気ディスク10が1回転する際に、ディスク中心角θの変化に応じて乖離量qの変化を観察すると、例えば図4に示すような波形q(θ)が得られることとなる。

【0023】図5は、磁気ディスク10にデータを書き込んだり、磁気ディスク10からデータを読み出したりするHDD20の制御系を概略的に示す。このHDD20は、前述した磁気ディスク10が回転軸21に固定されるスピンドルモータ22を備える。データの書き込みや読み出しにあたっては、スピンドルモータ22が磁気ディスク10を回転軸21回りで回転させる。

【0024】磁気ディスク10の両ディスク面には1対の磁気ヘッド18が対向する。磁気ヘッド18はキャリッジ23の先端に支持される。ボイスコイルモータ(VCM)24は、キャリッジ23を駆動することによって磁気ヘッド18をディスク半径方向に変位させることができる。磁気ヘッド18の変位量は、パワーアンプ25からVCM24に供給される電流の大きさによって決定される。パワーアンプ25で出力される電流の大きさは、シリンダサーボ回路26から出力される電流指示値cによって制御される。電流指示値cを示すデジタル信号は、デジタルアナログ変換器(DAC)27でアナログ信号に変換された後、パワーアンプ25に供給される。

【0025】シリンダサーボ回路26は、上位のホスト(例えばコンピュータ装置の中央演算装置CPU)から供給される位置決め指令に基づきシリンダサーボ制御を実行する。データの書き込みや読み出し時には、このシリンダサーボ制御の働きによって、磁気ヘッド18は磁気ディスク10上の記録シリンダ11を追従することができる。

【0026】シリンダサーボ制御には、位置決め指令によって特定される目標記録シリンダ11の位置と、実際の磁気ヘッド18の位置とが用いられる。実際の磁気ヘッド18の位置は、復調回路28から供給される位置信号pによって特定される。復調回路28は、磁気ヘッド18が前述したサーボフレーム15をなぞると、磁気ヘッド18が読み取ったリード信号に基づいて位置信号pを生成する。磁気ヘッド18がデータフレームをなぞれば、復調回路28はリード信号に基づいてデータ信号を生成する。位置信号pは、例えば、記録シリンダ11の番号を特定する整数部分と、前述の原理に従って記録シリンダ11に対する磁気ヘッド18の乖離量qを特定する小数部分とから構成されればよい。こうした位置信号pによれば、各セクタ12ごとに、シリンダ中心COに対する磁気ヘッド18の半径方向位置が特定されることができる。

【0027】図6を参照し、本発明の第1実施形態に係

るシリンドサーボ回路26の構成を詳述する。このシリンドサーボ回路26は、位置誤差信号qを生成する位置誤差計算器31を備える。この位置誤差計算器31は、復調回路28から供給される位置信号pと、目標記録シリンド11の位置を規定する目標値信号に基づいて位置誤差信号qを生成する。目標値信号は、上位ホストから供給される位置決め指令に基づいて目標位置設定器32によって作成される。目標値信号には、例えば、記録シリンド11の番号を特定する整数のみが含まれればよい。位置誤差信号qは、位置信号pと目標値信号との差分を求ることによって得られる。

【0028】コントローラ33はフィードバック制御用指示値fを生成する。このフィードバック制御用指示値fは、位置誤差信号qをキャンセルするように、ディスク半径方向に変位量(-q)で磁気ヘッド18を変位させることとなる。

【0029】偏心補正值計算器34は偏心補正值u(N)を生成する。この偏心補正值u(N)は $u(N) = A \cos(N) + B \sin(N)$ の波形に設定される。ここで、変数Nは、ディスク1回転における角変位θを表すセクタ番号である。したがって、この波形によれば、記録シリンド11に対するヘッド軌跡偏心円TRの記録シリンド半径方向ずれ量がディスク1回転にわたって連続的に表現される。この偏心補正值u(N)は、図4に示される乖離量q(θ)をキャンセルするよう、ディスク半径方向に-q(θ)で磁気ヘッド18を変位させることが望まれる。なお、変数Nを用いる代わりに、ディスク1回転を示すパラメータである限り、例えば時間変数tといった変数を用いてもよい。

【0030】偏心補正值計算器34で用いられる余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bは実際に測定されたヘッド軌跡偏心円TRおよび記録シリンド11間の偏心量eに基づき設定される。この偏心量eは偏心量測定器36によって算出される。偏心量測定器36は、磁気ディスク10上のセクタ12ごとに測定されるヘッド軌跡偏心円TRの記録シリンド半径方向ずれ量を算出する。偏心量eに基づき、ディスク1回転におけるずれ量×成分すなわち $q \cos(N)$ の総計値aを算出するとともに、ディスク1回転におけるずれ量y成分すなわち $q \sin(N)$ の総計値bを算出する。

【0031】補正変数計算器37は、ずれ量×成分の総計値aおよびずれ量y成分の総計値bを縮小させて余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する。例えば、この補正変数計算器37では、総計値aおよび総計値bに係数k( $=0, 25$ )が掛け合わせられ縮小化が図られる。ここで、係数kは、 $0 < k < 1$ の条件の下で任意に設定されればよい。掛け合わされた結果kaは、前回の余弦波振幅Aに足し合わされた後、今回の余弦波振幅Aに置き換えられる。同様に、掛け合わされた結果kbは、前回の正弦波振幅Bに足し合わされた後、今回の正

10

20

30

40

50

弦波振幅Bに置き換えられる。前回の余弦波振幅Aや正弦波振幅Bは、補正変数記憶器38に記憶されている。

【0032】図7に示すように、HDD20の電源が投入されるとコマンド処理タスクが実行される。このコマンド処理タスクでは、HDD20が待機状態の間、上位ホストから読み出し指令や書き込み指令が送信されてきたか否かが監視される(ステップS1およびS2)。いま、上位ホストからHDD20に対してデータ読み出し指令が発令された場合を考える。まず、ステップS3でシークコマンドが発行されるとともに、ステップS4でカウンタのカウント値Pがゼロに設定される。このカウンタは、後述するように偏心量測定器36のオンオフスイッチとして機能する。

【0033】カウント値Pがゼロに設定された後、ステップS5でシーク制御が実行される。このシーク制御によって磁気ヘッド18は目標とされる記録シリンド11に向けて位置決めされる。シーク制御が終了すると、ステップS6でカウント値Pにカウント数T1が設定される。このカウント数T1は、ディスク1回転のセクタ数よりも大きな値に予め設定される。ここでは、カウント数T1=90とする。

【0034】カウント値Pがカウント数T1に設定された後、ステップS7で、シリンドサーボ回路26から出力される電流指示値cを用いてオントラック制御が実行される。このオントラック制御によって磁気ヘッド18は目標記録シリンド11を追従することとなる。ステップS8では、磁気ヘッド18の追従によってデータの読み出しが可能か否かが判断される。データの読み出しが不可能であれば、再びシークコマンドが発行された後(ステップS9)、オフセットシーク制御が実行される(ステップS10)。このとき、シークコマンドは、ディスク半径方向に微小に磁気ヘッド18を変位させる。こうしたオフセットシーク制御が実行されると、磁気ヘッド18が変位した上で、目標記録シリンド11に対して再びオントラック制御が実行される(ステップS7)。

【0035】オントラック制御によってデータの読み出しが可能であれば、データの読み出しが実行される。ステップS11でデータの読み出しが終了したと判断されると、HDD20は待機状態に戻る(ステップS1)。データの読み出しが終了していない場合は、オントラック制御(ステップS7)を維持しつつデータの読み出しを続行する。

【0036】次に、図8のフローチャートを参照して偏心補正值の計算手順を説明する。この偏心補正值の計算は、磁気ヘッド18が1つのセクタ12すなわちサーボフレーム15を通過するごとに実行される。まず、ステップQ1で、カウンタのカウント値Pがゼロであるか否かが判断される。カウント値P=0であれば、ステップQ2に進み、偏心補正值計算器34が偏心補正值u

(N) を算出する。カウント値 P = 0 であれば、シーク制御(図 7 ステップ S 5)が実行されているものと判断され、偏心量測定器 3 6 が偏心量 e を測定しない。シーク制御時には、磁気ヘッド 1 8 が目標記録シリンダ 1 1 以外の記録シリンダを横切ることから、偏心量 e の測定を実行しても正確な偏心補正値 u (N) を算出することはできない。したがって、シーク制御時には偏心量 e の測定を控えるのである。偏心量測定器 3 6 は a = 0 および b = 0 を出力し、その結果、補正変数記憶器 3 8 に記憶された余弦波振幅 A および正弦波振幅 B がそのまま補正変数計算器 3 7 から出力される。

【0037】補正変数記憶器 3 8 には、磁気ヘッド 1 8 ごとに余弦波振幅 A および正弦波振幅 B が記憶される。したがって、発行された読み出し指令で特定される磁気ヘッド 1 8 に対応する余弦波振幅 A および正弦波振幅 B が補正変数記憶器 3 8 から読み出される。このように磁気ヘッド 1 8 ごとに余弦波振幅 A および正弦波振幅 B を設定すれば、磁気ディスク 1 0 のデータ面ごとに偏心量 e が異なる場合でも、磁気ヘッド 1 8 を記録シリンダ 1 1 に正確に追従させることができるとなる。

【0038】シーク制御後であっても、補正変数記憶器 3 8 には、前回のオントラック制御時に記憶された余弦波振幅 A および正弦波振幅 B が保持されている。1つの記録シリンダから他の記録シリンダに磁気ヘッド 1 8 が移動したとしても、磁気ディスク 1 0 の偏心量 e 自体は変化しないはずであるから、前回の余弦波振幅 A および正弦波振幅 B を用いることによって、偏心補正値 u (N) が瞬時に切り替えられることが回避され、磁気ヘッド 1 8 の変位揺れ(暴れ)が排除される。例えば工場出荷時には、補正変数記憶器 3 8 に A = 0 および B = 0 が記憶されていればよい。

【0039】余弦波振幅値 A および正弦波振幅値 B は、前回の HDD 2 0 電源切断時に補正変数記憶器 3 8 に記憶されているものを初期値としてそのまま用いてよい。こうした初期値は、例えば不揮発性メモリに記憶されればよい。こうした初期値を用いれば、磁気ヘッド 1 8 の軌跡は迅速に目標記録シリンダ 1 1 に収束することができる。こうした初期値は、工場出荷時に偏心量 e を測定しておき、測定された偏心量 e に基づいて設定されてもよい。偏心量 e の測定にあたっては、上位ホストからの指令によって、補正値計算の実行は阻止されることが望ましい。

【0040】ただし、シークコマンドが発行される場合でも、図 7 のステップ S 9 および S 10 に示されるオフセットシーク制御時には偏心量 e の測定を控える必要はない。オフセットシーク制御時には、すでに磁気ヘッド 1 8 が目標とされる記録シリンダ 1 1 に位置決めされており、複数本の記録シリンダ 1 1 を横切ることがないからである。その結果、同じシークコマンドが発行される場合でも、オフセットシーク制御時には、迅速に偏心量 50

e が測定されることとなる。その結果、磁気ヘッド 1 8 の軌跡は迅速に目標記録シリンダ 1 1 に収束することとなる。

【0041】カウント値 P がゼロでなければ、シーク制御中ではないと判断され、ステップ Q 3 でカウンタのカウントダウンが実行される。その結果、カウント値 P は 1 減少する。ステップ Q 4 では、1 減少したカウント値 P がディスク 1 回転のセクタ数 S (この場合、S = 60) 以上か否かが判断される。カウント値 P がセクタ数 S 以上であると判断されると、ステップ Q 2 に進み、偏心補正値計算器 3 4 が偏心補正値 u (N) を算出する。ここでは、カウント値 P がセクタ数 S = 60 より小さくなるまでステップ Q 1 ~ Q 4 の処理が繰り返される。したがって、カウント数 T 1 = 90 がセクタ数 S = 60 に減少するまでの間、偏心量測定器 3 6 が偏心量 e を測定しない。このように、偏心量 e の測定に待機期間 (T 1 - S) を設けることによって、シーク制御の終了後、磁気ヘッド 1 8 の位置が安定してから偏心量 e を測定することが可能となる。正確な偏心量 e が測定される。

【0042】カウント値 P がセクタ数 S に達すると、ステップ Q 5 で、偏心量測定器 3 6 はそのセクタ N のずれ量 x 成分すなわち  $q \cos(N)$  およびずれ量 y 成分すなわち  $q \sin(N)$  を算出する。 $q \cos(N)$  の値は前回の総計値 a に加算され、 $q \sin(N)$  は前回の総計値 b に加算される。こうした加算は、カウント値 P がゼロになるまで繰り返される。すなわち、ステップ Q 6 でカウント値 P = 0 と判断されるまで、ステップ Q 1 ~ Q 6 の処理が繰り返される。その結果、ディスク 1 回転にわたってずれ量 x 成分の総計値 a およびずれ量 y 成分の総計値 b が算出される。

【0043】ずれ量 x 成分の総計値 a およびずれ量 y 成分の総計値 b が算出されると、ステップ Q 7 で、補正変数計算器 3 7 は総計値 a および総計値 b に各々係数 k を掛け合わせる。掛け合わされた結果  $k_a$  および  $k_b$  は、前回の余弦波振幅 A および正弦波振幅 B に足し合わされる。足し合わされた結果が今回の余弦波振幅 A および正弦波振幅 B に設定される。このように、総計値 a および総計値 b を縮小させて余弦波振幅 A および正弦波振幅 B を設定することによって、外乱による偏心量 e のぶれの影響を排除することができる。その結果、磁気ヘッド 1 8 の移動軌跡は、偏心量 e に基づく正確な偏心補正値 u (N) に徐々に接近することとなる。

【0044】ステップ Q 8 では、総計値 a および総計値 b が初期化され、次回の偏心量 e の測定に備えられる。続いて、ステップ Q 9 で、カウント値 P にカウント数 T 2 が設定される。このカウント数 T 2 は、ディスク 1 回転のセクタ数 S = 60 に設定される。したがって、最初のディスク 1 回転の偏心量 e 測定が終了すると、ディスク回転の 2 周目からは待機期間を経ずに偏心量 e の測定が実行されることとなる。

【0045】以上のようなオントラック制御によれば、記録シリンダ11に対する磁気ヘッド18軌跡の偏心に基づく変位量 $u(N)$ を電流指示値 $c$ に設定することによって、フィードバック制御のみでは達成しきれない記録シリンダ11に対する磁気ヘッド18の正確な追従が達成される。しかも、実際に磁気ディスク10を回転させながら偏心量 $e$ を測定するので、常に正確な磁気ヘッド18の追従を期待することができる。偏心量 $e$ の測定時と偏心補正值の波形 $u(N)$ とが同期化されれば、磁気ディスク10上のどの位置から偏心量 $e$ 測定を始めても正確な電流指示値 $c$ を得ることができる。

【0046】なお、シリンダサーボ回路26は、デジタル信号処理装置(DSP)によって構成されればよく、前述した処理は、DSPに設定されるソフトウェア処理によって実行されればよい。また、前述した実施形態では、ディスクの1回転ごとに余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bが更新されたが、記録シリンダ11に対する磁気ヘッド18の追従が約束された時点では余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bの更新を中止するようにしてもよい。

【0047】図9は本発明の第2実施形態に係るシリンダサーボ回路26の構成を示す。このシリンダサーボ回路26では、第1実施形態のようにディスク1回転ごとに余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bが算出されるとともに、ディスク1/2回転ごとに余弦波振幅A1および正弦波振幅B1が算出される。こうしたディスク1/2回転ごとの余弦波振幅A1および正弦波振幅B1によって、ディスク1/2回転を1周期として変化する偏心補正值 $u(N) = A_1 \cos(N) + B_1 \sin(N)$ が得られる。得られた偏心補正值 $u(N) = A \cos(N) + B \sin(N)$ および $u(N) = A_1 \cos(N) + B_1 \sin(N)$ がともに電流指示値 $c$ に設定される。

これにより、ディスク1回転を1周期に変化する記録シリンダ半径方向ずれ量と、ディスク1/2回転を1周期に変化する記録シリンダ半径方向ずれ量とがともに補正されることとなる。余弦波振幅A1および正弦波振幅B1の算出にあたっては、偏心量測定器36、補正変数計算器37および偏心補正值計算器34に、周期設定器40で分解された複数周期のセクタ番号変数Nすなわち角変数 $\theta$ が入力される。ここでは、ディスク1/2回転ごとに同一の余弦波振幅A1および正弦波振幅B

10

20

30

40

1を用いたが、ディスク1回転内で周期ごとに異なる例えは余弦波振幅A1、A2および正弦波振幅B1、B2を用いるようにしてもよい。

#### 【0048】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、ヘッド軌跡偏心円および記録シリンダ間の偏心量によって生じるずれ量 $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ を用いることにより、フィードバック制御のみでは達成しきれない記録シリンダに対するヘッドの正確な追従が達成される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】磁気ディスクの構造を概略的に示す図である。

【図2】サーボフレームの構造を概略的に示す図である。

【図3】記録シリンダとヘッド軌跡偏心円との乖離量を示す図である。

【図4】ディスク1回転に対する乖離量の変化を示すグラフである。

【図5】ハードディスク装置(HDD)の制御系を概略的に示すブロック図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係るシリンダサーボ回路の構成を示すブロック図である。

【図7】コマンド処理タスクの処理手順を示すフローチャートである。

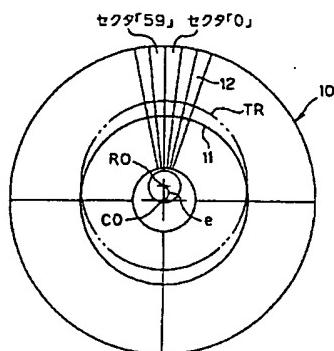
【図8】偏心補正值計算の処理手順を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第2実施形態に係るシリンダサーボ回路の構成を示すブロック図である。

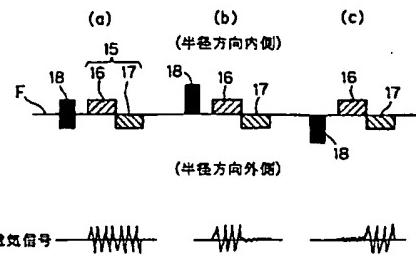
#### 【符号の説明】

10 ディスクとしての磁気ディスク、11 記録シリンダ、12 セクタ、ヘッドとしての磁気ヘッド、20 記録ディスク装置としてのハードディスク装置(HDD)、26 シリンダサーボ回路、34 補正値計算器、36 偏心量測定器、37 補正変数計算器、38 補正変数記憶器、N 角変数 $\theta$ としてのセクタ番号変数、TR ヘッド軌跡偏心円、a ずれ量 $x$ 成分の総計値、b ずれ量 $y$ 成分の総計値、e 偏心量、q 記録シリンダ半径方向ずれ量、 $u(\theta)$  記録シリンダ半径方向ずれ量としての偏心補正值。

【図1】

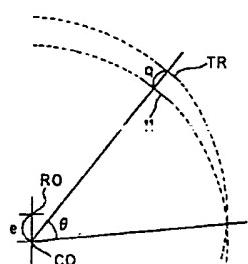


【図2】

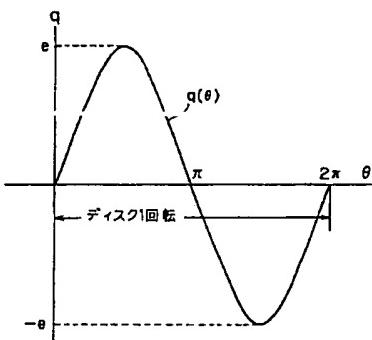


【図8】

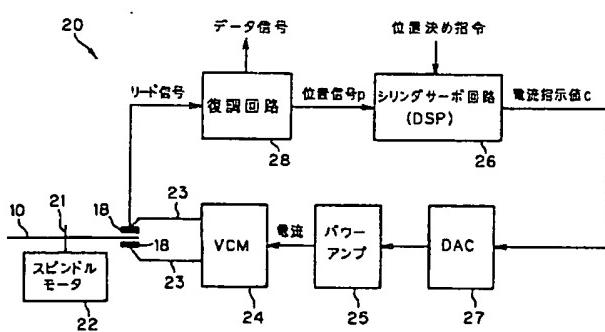
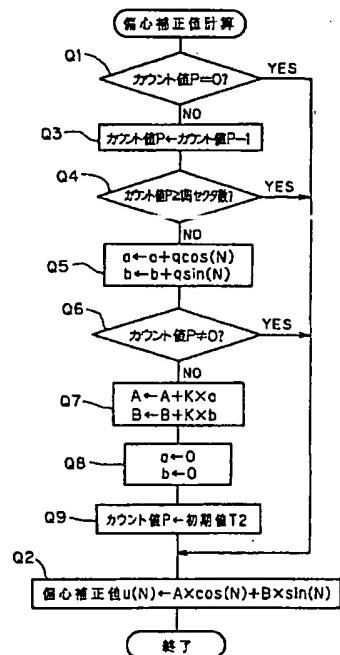
【図3】



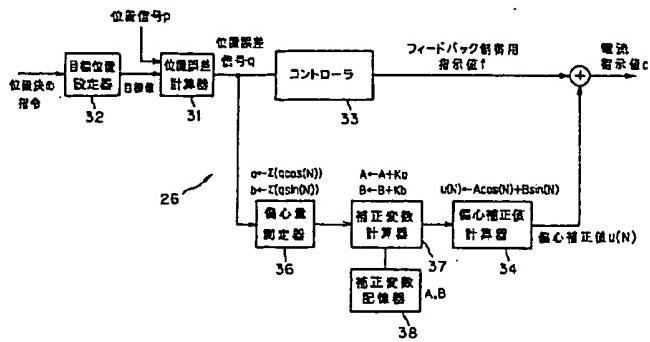
【図4】



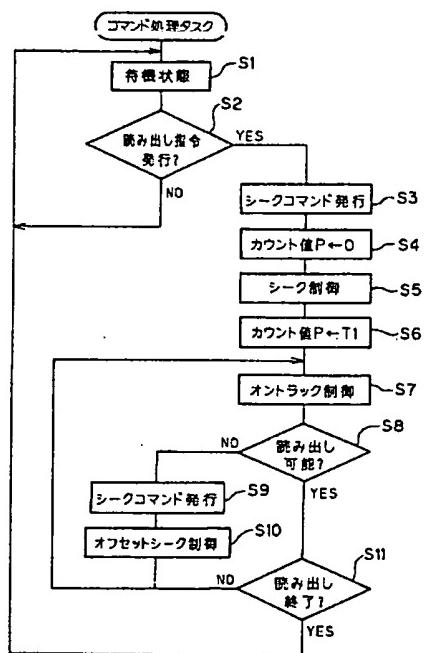
【図5】



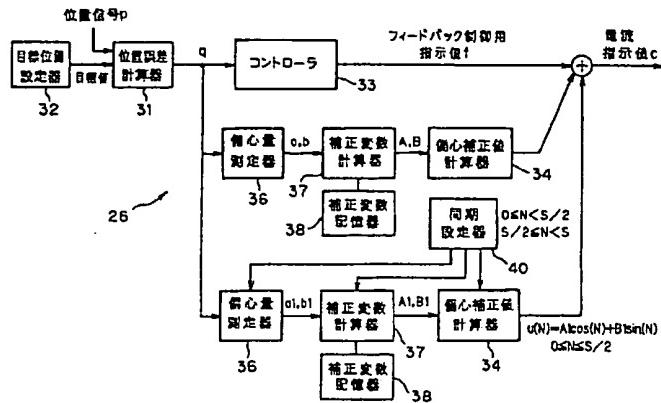
### 【図6】



【図7】



【図9】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年2月1日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】ヘッド位置決め制御回路および記録ディスク装置

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスク1回転における角変数 $\theta$ の変化に応じて、ディスク上の記録トラックに対するヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量 $u(\theta)$ を $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形に設定する偏心補正值計算器と、測定されたヘッド軌跡偏心円および記録トラック間の偏心量に基づき余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器とを備えることを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項2】 請求項1に記載のヘッド位置決め制御回路において、ディスク上のセクタごとに測定されるヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量×成分の総計値を算出するとともにずれ量y成分の総計値を算出することによって前記偏心量を測定する偏心量測定器を備えることを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項3】 請求項2に記載のヘッド位置決め制御回路において、前記ずれ量×成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を縮小させて前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器を備えることを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項4】 請求項2または3に記載のヘッド位置決め制御回路において、前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後に前記ずれ量×成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出することを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項5】 請求項4に記載のヘッド位置決め制御回路において、前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後、任意の待機期間を経て前記ずれ量×成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出することを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項6】 請求項2または3に記載のヘッド位置決め制御回路において、前記偏心量測定器は、オフセットシーク制御時に前記ずれ量×成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出することを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項7】 請求項1に記載のヘッド位置決め制御回路において、前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bをヘッドごとに記憶する補正変数記憶器を備えることを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項8】 請求項7に記載のヘッド位置決め制御回路において、補正変数記憶器に記憶された前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを初期値として用いることを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項9】 請求項1に記載のヘッド位置決め制御回路において、ディスク1回転ごとに前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを更新することを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項10】 請求項1に記載のヘッド位置決め制御回路において、ディスク1回転を複数周期に分解し、各周期ごとに前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを算出

することを特徴とするヘッド位置決め制御回路。

【請求項1 1】 ディスク1回転における角変数 $\theta$ の変化に応じて、ディスク上の記録トラックに対するヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量 $u(\theta)$ を $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形に設定する偏心補正値計算器と、測定されたヘッド軌跡偏心円および記録トラック間の偏心量に基づき余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器とを備えるヘッド位置決め制御回路が組み込まれることを特徴とする記録ディスク装置。

【請求項1 2】 請求項1 1に記載の記録ディスク装置において、前記ヘッド位置決め制御回路は、ディスク上のセクタごとに測定されるヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量x成分の総計値を算出するとともにずれ量y成分の総計値を算出することによって前記偏心量を測定する偏心量測定器をさらに備えることを特徴とする記録ディスク装置。

【請求項1 3】 請求項1 2に記載の記録ディスク装置において、前記ヘッド位置決め制御回路は、前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を縮小させて前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器をさらに備えることを特徴とする記録ディスク装置。

【請求項1 4】 ディスク1回転における角変数 $\theta$ の変化に応じて、ディスク上の記録トラックに対するヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量 $u(\theta)$ を $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形に設定する工程と、測定されたヘッド軌跡偏心円および記録トラック間の偏心量に基づき余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する工程とを備えることを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【請求項1 5】 請求項1 4に記載のヘッド位置決め制御方法において、ディスク上のセクタごとに測定されるヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量x成分の総計値を算出する工程と、同ヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量y成分の総計値を算出する工程とをさらに備えることを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ディスク上で同心状に並ぶ記録トラックに対しヘッドを追従させる際に用いられるヘッド位置決め制御回路に関する。

【0002】 こうした位置決め制御回路は、例えばハードディスク装置(HDD)に代表される磁気ディスク装置に用いられる。

##### 【0003】

【従来の技術】 例えば磁気ディスク装置では、磁気ディ

スク上で、データが記録される複数の記録トラックが同心状に配列される。磁気ヘッドは、データの書き込み時や読み出し時に、回転する磁気ディスク上で目標とされる記録トラックに正確に追従しなければならない。

【0004】 磁気ディスクが回転すると、磁気ヘッドは、ディスクの回転中心と同心の円を描くように磁気ディスク上に軌跡を描く。しかしながら、ディスクの回転中心に対して記録トラックの中心が偏倚していると、磁気ヘッドが記録トラックに正確に追従することはできなくなってしまう。記録トラックに対して磁気ヘッドの軌跡が偏心円を描いてしまうからである。こうした記録トラックに対する磁気ヘッドのずれは、記録密度が高まるほど、言い換えれば、記録トラックの間隔が狭まるほど、データ読み出しの精度を落とす原因となってしまう。

【0005】 従来では、磁気ヘッドが記録トラックから半径方向にずれる位置誤差量を測定し、この位置誤差量に基づいてフィードバック制御が行われている。こうしたフィードバック制御によって、磁気ヘッドは、位置誤差量を解消するようにディスク半径方向に駆動される。その結果、磁気ヘッドが記録トラック上を追従するようになるのである。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 近年、磁気ディスク装置の分野では、転送レートの高速化が求められている。こうした高速化の流れは、磁気ディスクの回転速度の高速化を誘引している。しかしながら、磁気ディスクの回転速度が高速化されると、従来のフィードバック制御は位置誤差量の変化に追随しきれず、正確なトラッキングサーボ制御を実現することができなくなってしまった。

【0007】 本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、ディスクの回転速度が高速化される場合でも、正確な位置決め制御を実現することができるヘッド位置決め制御回路を提供することを目的とする。

##### 【0008】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明によれば、ディスク1回転における角変数 $\theta$ の変化に応じて、ディスク上の記録トラックに対するヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量 $u(\theta)$ を $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ の波形に設定する偏心補正値計算器と、測定されたヘッド軌跡偏心円および記録トラック間の偏心量に基づき余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器とを備えることを特徴とするヘッド位置決め制御回路が提供される。

【0009】 かかるヘッド位置決め制御回路によれば、ヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量の波形に基づいてヘッドを駆動させることができる。したがって、同時にフィードバック制御を実施すれば、フィードバック制御のみでは達成しえない記録トラックに対す

るヘッドの正確な追従を達成することができる。

【0010】ヘッド位置決め制御回路は、ディスク上のセクタごとに測定されるヘッド軌跡偏心円の記録トラック半径方向ずれ量に基づき、ディスク1回転におけるずれ量x成分の総計値を算出するとともにずれ量y成分の総計値を算出することによって前記偏心量を測定する偏心量測定器を備えてもよい。かかる偏心量測定器の働きによれば、ディスクの偏心量を実測し、実測された偏心量に基づいて前記波形を設定することができる。その結果、常に実際の記録トラック半径方向ずれ量に対応する偏心補正値を得ることができる。

【0011】加えて、ヘッド位置決め制御回路は、前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を縮小させて前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する補正変数計算器を備えてもよい。かかる構成によれば、実測された偏心量に外乱が影響する場合でも、前記偏心補正値を安定化させることができる。その結果、ヘッド軌跡偏心円は確実に記録トラックに収束することができる。

【0012】前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後に前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出することが望ましい。シーク制御時には、ヘッドが目標記録トラック以外の記録トラックを横切ることから、実測される偏心量に周期性が見られなくなる。したがって、シーク制御時に偏心量の測定を控えることによって正確な偏心量を測定することができる。

【0013】しかも、前記偏心量測定器は、シーク制御からオントラック制御に移行した後、任意の待機期間を経て前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出することが望ましい。オントラック制御中であっても、シーク制御直後にはヘッドの位置が安定化されていない。したがって、待機期間を経ることによって、ヘッドの位置が安定化した後に偏心量を測定することができる。その結果、正確な偏心量の測定が可能となる。

【0014】ただし、前記偏心量測定器は、オフセットシーク制御時に前記ずれ量x成分の総計値およびずれ量y成分の総計値を算出するようにしてもよい。オフセットシーク制御時には、既にヘッドが目標記録トラックに位置決めされており、シーク制御といつてもヘッドが目標記録トラック以外の記録トラックを横切ることはない。したがって、オフセットシーク制御時に偏心量の測定を実行すれば、ヘッド軌跡を迅速に記録トラックに収束させることができる。

【0015】さらに、前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bはヘッドごとに補正変数記憶器に記憶されてもよい。余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bをヘッドごとに設定すれば、ディスク面ごとに記録トラックに対するヘッド軌跡偏心円の偏心量が異なっても、記録トラックにヘ

ッドを確実に追従させることができるとなる。加えて、補正変数記憶器に記憶された前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを初期値として用いれば、予め記録トラックに近似したヘッド軌跡を描かせることができることから、ヘッド軌跡を迅速に記録トラックに収束させることができる。

【0016】前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bはディスク1回転ごとに更新されてもよい。ただし、ヘッド軌跡の安定化が図られた後、そういった更新動作を中止させてもよい。1つのディスク面に対しては1つの偏心量が存在するはずであるから、同一のディスク面に対して常に余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを更新し続ける必要は必ずしもない。

【0017】前記ヘッド位置決め制御回路では、ディスク1回転を複数周期に分解し、各周期ごとに前記余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを算出するようにしてよい。こうした余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bによれば、偏心以外の要因によって記録トラック半径方向ずれ量に現れる周期的な変位を補正することができる。こうした要因には例えばディスクの反り等が考えられる。

【0018】なお、以上のヘッド位置決め制御回路は、例えばハードディスク装置(HDD)といった磁気ディスク装置に代表される記録ディスク装置に適用されることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

【0020】図1は、ハードディスク装置(HDD)に用いられる磁気ディスクの構造を概略的に示す。この磁気ディスク10は、トラック中心CO周りに同心状に並ぶ複数の記録トラック11を備える。記録トラック11は例えば2.7μmの間隔で配列されている。磁気ディスク10には、周方向に等分割された例えば60個のセクタ12が設定される。各セクタ12では、サーボフレームと、このサーボフレームに後続するデータフレームとから記録トラック11が構成される。

【0021】図2は、サーボフレーム15の構造を概略的に示す。こうしたサーボフレーム15は、例えば、記録トラック11の中心軌跡Fに対して半径方向内側に変位された第1サーボマーカ16と、同じく中心軌跡Fに対して半径方向外側に変位された第2サーボマーカ17とを備える。図2(a)に示すように、例えば磁気ヘッド18が正確に記録トラック11に沿ってサーボフレーム15をなぞると、第1サーボマーカ16に対応する電気信号と、第2サーボマーカ17に対応する電気信号とが同レベルで連続して現れる。図2(b)に示すように、磁気ヘッド18が磁気ディスク10内側方向にずれてサーボフレーム15をなぞると、第1サーボマーカ16に対応する電気信号は現れるのに対し、第2サーボマ

ーカ17に対応する電気信号は現れることになる。反対に磁気ヘッド18が磁気ディスク10外側方向にずれつつサーボフレーム15をなぞると、図2(c)に示すように、第1サーボマーカ16に対応する電気信号は現れることとなる。サーボフレーム15を用いれば、こういった電気信号の違いから、記録トラック11に対する磁気ヘッド18のずれ量を測定することができる。

【0022】ここで、図1に示すように、トラック中心COに対して磁気ディスク10の回転中心R0が偏心量eで偏倚する場合を考える。磁気ヘッド18の軌跡は、記録トラック11から偏心したヘッド軌跡偏心円TRを描く。各セクタ12では、図3に示されるように、目標とする記録トラック11に対して磁気ヘッド18のヘッド軌跡TRが乖離量qでディスク半径方向に乖離する。ここで、任意の出発点から磁気ディスク10が1回転する際に、ディスク中心角θの変化に応じて乖離量qの変化を観察すると、例えば図4に示すような波形q(θ)が得られることとなる。

【0023】図5は、磁気ディスク10にデータを書き込んだり、磁気ディスク10からデータを読み出したりするHDD20の制御系を概略的に示す。このHDD20は、前述した磁気ディスク10が回転軸21に固定されるスピンドルモータ22を備える。データの書き込みや読み出しにあたっては、スピンドルモータ22が磁気ディスク10を回転軸21回りで回転させる。

【0024】磁気ディスク10の両ディスク面には1対の磁気ヘッド18が対向する。磁気ヘッド18はキャリッジ23の先端に支持される。ボイスコイルモータ(VCM)24は、キャリッジ23を駆動することによって磁気ヘッド18をディスク半径方向に変位させることができる。磁気ヘッド18の変位量は、パワーアンプ25からVCM24に供給される電流の大きさによって決定される。パワーアンプ25で出力される電流の大きさは、キャッシングサーボ回路26から出力される電流指示値cによって制御される。電流指示値cを示すデジタル信号は、デジタルアナログ変換器(DAC)27でアナログ信号に変換された後、パワーアンプ25に供給される。

【0025】キャッシングサーボ回路26は、上位のホスト(例えばコンピュータ装置の中央演算装置CPU)から供給される位置決め指令に基づきキャッシングサーボ制御を実行する。データの書き込みや読み出し時には、このキャッシングサーボ制御の働きによって、磁気ヘッド18は磁気ディスク10上の記録トラック11を追従することができる。

【0026】キャッシングサーボ制御には、位置決め指令によって特定される目標記録トラック11の位置と、実際の磁気ヘッド18の位置とが用いられる。実際の磁気ヘッド18の位置は、復調回路28から供給される位置信号pによって特定される。復調回路28は、磁気ヘ

ッド18が前述したサーボフレーム15をなぞると、磁気ヘッド18が読み取ったリード信号に基づいて位置信号pを生成する。磁気ヘッド18がデータフレームをなぞれば、復調回路28はリード信号に基づいてデータ信号を生成する。位置信号pは、例えば、記録トラック11の番号を特定する整数部分と、前述の原理に従って記録トラック11に対する磁気ヘッド18の乖離量qを特定する小数部分とから構成されればよい。こうした位置信号pによれば、各セクタ12ごとに、トラック中心COに対する磁気ヘッド18の半径方向位置が特定されることができる。

【0027】図6を参照し、本発明の第1実施形態に係るキャッシングサーボ回路26の構成を詳述する。このキャッシングサーボ回路26は、位置誤差信号qを生成する位置誤差計算器31を備える。この位置誤差計算器31は、復調回路28から供給される位置信号pと、目標記録トラック11の位置を規定する目標値信号とにに基づいて位置誤差信号qを生成する。目標値信号は、上位ホストから供給される位置決め指令に基づいて目標位置設定器32によって作成される。目標値信号には、例えば、記録トラック11の番号を特定する整数のみが含まれればよい。位置誤差信号qは、位置信号pと目標値信号との差分を求めるこによって得られる。

【0028】コントローラ33はフィードバック制御用指示値fを生成する。このフィードバック制御用指示値fは、位置誤差信号qをキャンセルするように、ディスク半径方向に変位量(-q)で磁気ヘッド18を変位せることとなる。

【0029】偏心補正值計算器34は偏心補正值u(N)を生成する。この偏心補正值u(N)はu(N)=Acos(N)+Bsin(N)の波形に設定される。ここで、変数Nは、ディスク1回転における角変位θを表すセクタ番号である。したがって、この波形によれば、記録トラック11に対するヘッド軌跡偏心円TRの記録トラック半径方向ずれ量がディスク1回転にわたって連続的に表現される。この偏心補正值u(N)は、図4に示される乖離量q(θ)をキャンセルするよう、ディスク半径方向に-q(θ)で磁気ヘッド18を変位せざることが望まれる。なお、変数Nを用いる代わりに、ディスク1回転を示すパラメータである限り、例えば時間変数tといった変数を用いてもよい。

【0030】偏心補正值計算器34で用いられる余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bは実際に測定されたヘッド軌跡偏心円TRおよび記録トラック11間の偏心量eに基づき設定される。この偏心量eは偏心量測定器36によって算出される。偏心量測定器36は、磁気ディスク10上のセクタ12ごとに測定されるヘッド軌跡偏心円TRの記録トラック半径方向ずれ量すなわち位置誤差信号qに基づき、ディスク1回転におけるずれ量×成分すなわちqcos(N)の総計値aを算出するとともに、デ

イスク1回転におけるずれ量y成分すなわち $q_{sin}(N)$ の総計値bを算出する。

【0031】補正変数計算器37は、ずれ量x成分の総計値aおよびずれ量y成分の総計値bを縮小させて余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定する。例えば、この補正変数計算器37では、総計値aおよび総計値bに係る係数k( $=0, 25$ )が掛け合わせられ縮小化が図られる。ここで、係数kは、 $0 < k < 1$ の条件の下で任意に設定されればよい。掛け合わされた結果kaは、前回の余弦波振幅Aに足し合わされた後、今回の余弦波振幅Aに置き換えられる。同様に、掛け合わされた結果kbは、前回の正弦波振幅Bに足し合わされた後、今回の正弦波振幅Bに置き換えられる。前回の余弦波振幅Aや正弦波振幅Bは、補正変数記憶器38に記憶されている。

【0032】図7に示すように、HDD20の電源が投入されるとコマンド処理タスクが実行される。このコマンド処理タスクでは、HDD20が待機状態の間、上位ホストから読み出し指令や書き込み指令が送信されてきたか否かが監視される(ステップS1およびS2)。いま、上位ホストからHDD20に対してデータ読み出し指令が発令された場合を考える。まず、ステップS3でシークコマンドが発行されるとともに、ステップS4でカウンタのカウント値Pがゼロに設定される。このカウンタは、後述するように偏心量測定器36のオンオフスイッチとして機能する。

【0033】カウント値Pがゼロに設定された後、ステップS5でシーク制御が実行される。このシーク制御によって磁気ヘッド18は目標とされる記録トラック11に向けて位置決めされる。シーク制御が終了すると、ステップS6でカウント値Pにカウント数T1が設定される。このカウント数T1は、ディスク1回転のセクタ数よりも大きな値に予め設定される。ここでは、カウント数T1=90とする。

【0034】カウント値Pがカウント数T1に設定された後、ステップS7で、トラッキングサーボ回路26から出力される電流指示値cを用いてオントラック制御が実行される。このオントラック制御によって磁気ヘッド18は目標記録トラック11を追従することとなる。ステップS8では、磁気ヘッド18の追従によってデータの読み出しが可能か否かが判断される。データの読み出しが不可能であれば、再びシークコマンドが発行された後(ステップS9)、オフセットシーク制御が実行される(ステップS10)。このとき、シークコマンドは、ディスク半径方向に微小に磁気ヘッド18を変位させる。こうしたオフセットシーク制御が実行されると、磁気ヘッド18が変位した上で、目標記録トラック11に対して再びオントラック制御が実行される(ステップS7)。

【0035】オントラック制御によってデータの読み出しが可能であれば、データの読み出しが実行される。ス

テップS11でデータの読み出しが終了したと判断されると、HDD20は待機状態に戻る(ステップS1)。データの読み出しが終了していないければ、オントラック制御(ステップS7)を維持しつつデータの読み出しを続行する。

【0036】次に、図8のフローチャートを参照して偏心補正值の計算手順を説明する。この偏心補正值の計算は、磁気ヘッド18が1つのセクタ12すなわちサーボフレーム15を通過するごとに実行される。まず、ステップQ1で、カウンタのカウント値Pがゼロであるか否かが判断される。カウント値P=0であれば、ステップQ2に進み、偏心補正值計算器34が偏心補正值u(N)を算出する。カウント値P=0であれば、シーク制御(図7ステップS5)が実行されているものと判断され、偏心量測定器36が偏心量eを測定しない。シーク制御時には、磁気ヘッド18が目標記録トラック11以外の記録トラックを横切ることから、偏心量eの測定を実行しても正確な偏心補正值u(N)を算出することはできない。したがって、シーク制御時には偏心量eの測定を控えるのである。偏心量測定器36はa=0およびb=0を出力し、その結果、補正変数記憶器38に記憶された余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bがそのまま補正変数計算器37から出力される。

【0037】補正変数記憶器38には、磁気ヘッド18ごとに余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bが記憶される。したがって、発行された読み出し指令で特定される磁気ヘッド18に対応する余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bが補正変数記憶器38から読み出される。このように磁気ヘッド18ごとに余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを設定すれば、磁気ディスク10のデータ面ごとに偏心量eが異なる場合でも、磁気ヘッド18を記録トラック11に正確に追従させることができるとなる。

【0038】シーク制御後であっても、補正変数記憶器38には、前回のオントラック制御時に記憶された余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bが保持されている。1つの記録トラックから他の記録トラックに磁気ヘッド18が移動したとしても、磁気ディスク10の偏心量e自体は変化しないはずであるから、前回の余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bを用いることによって、偏心補正值u(N)が瞬時に切り替えられることが回避され、磁気ヘッド18の変位揺れ(暴れ)が排除される。例えば工場出荷時には、補正変数記憶器38にA=0およびB=0が記憶されていればよい。

【0039】余弦波振幅値Aおよび正弦波振幅値Bは、前回のHDD20電源切断時に補正変数記憶器38に記憶されているものを初期値としてそのまま用いてよい。こうした初期値は、例えば不揮発性メモリに記憶されればよい。こうした初期値を用いれば、磁気ヘッド18の軌跡は迅速に目標記録トラック11に収束することができる。こうした初期値は、工場出荷時に偏心量eを

測定しておき、測定された偏心量eに基づいて設定されてもよい。偏心量eの測定にあたっては、上位ホストからの指令によって、補正値計算の実行は阻止されることが望ましい。

【0040】ただし、シークコマンドが発行される場合でも、図7のステップS9およびS10に示されるオフセットシーク制御時には偏心量eの測定を控える必要はない。オフセットシーク制御時には、すでに磁気ヘッド18が目標とされる記録トラック11に位置決めされており、複数本の記録トラック11を横切ることがないからである。その結果、同じシークコマンドが発行される場合でも、オフセットシーク制御時には、迅速に偏心量eが測定されることとなる。その結果、磁気ヘッド18の軌跡は迅速に目標記録トラック11に収束することとなる。

【0041】カウント値Pがゼロでなければ、シーク制御中ではないと判断され、ステップQ3でカウンタのカウントダウンが実行される。その結果、カウント値Pは1減少する。ステップQ4では、1減少したカウント値Pがディスク1回転のセクタ数S（この場合、S=60）以上か否かが判断される。カウント値Pがセクタ数S以上であると判断されると、ステップQ2に進み、偏心補正値計算器34が偏心補正値u(N)を算出する。ここでは、カウント値Pがセクタ数S=60より小さくなるまでステップQ1～Q4の処理が繰り返される。したがって、カウント数T1=90がセクタ数S=60に減少するまでの間、偏心量測定器36が偏心量eを測定しない。このように、偏心量eの測定に待機期間(T1-S)を設けることによって、シーク制御の終了後、磁気ヘッド18の位置が安定してから偏心量eを測定することが可能となる。正確な偏心量eが測定される。

【0042】カウント値Pがセクタ数Sに達すると、ステップQ5で、偏心量測定器36はそのセクタNでのずれ量x成分すなわち $q \cos(N)$ およびずれ量y成分すなわち $q \sin(N)$ を算出する。 $q \cos(N)$ の値は前回の総計値aに加算され、 $q \sin(N)$ は前回の総計値bに加算される。こうした加算は、カウント値Pがゼロになるまで繰り返される。すなわち、ステップQ6でカウント値P=0と判断されるまで、ステップQ1～Q6の処理が繰り返される。その結果、ディスク1回転にわたってずれ量x成分の総計値aおよびずれ量y成分の総計値bが算出される。

【0043】ずれ量x成分の総計値aおよびずれ量y成分の総計値bが算出されると、ステップQ7で、補正変数計算器37は総計値aおよび総計値bに各々係数kを掛け合わせる。掛け合わされた結果kaおよびkbは、前回の余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bに足し合わされる。足し合わされた結果が今回の余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bに設定される。このように、総計値aおよび総計値bを縮小させて余弦波振幅Aおよび正弦波振幅B

を設定することによって、外乱による偏心量eのぶれの影響を排除することができる。その結果、磁気ヘッド18の移動軌跡は、偏心量eに基づく正確な偏心補正値u(N)に徐々に接近することとなる。

【0044】ステップQ8では、総計値aおよび総計値bが初期化され、次回の偏心量eの測定に備えられる。続いて、ステップQ9で、カウント値Pにカウント数T2が設定される。このカウント数T2は、ディスク1回転のセクタ数S=60に設定される。したがって、最初のディスク1回転の偏心量e測定が終了すると、ディスク回転の2周目からは待機期間を経ずに偏心量eの測定が実行されることとなる。

【0045】以上のようなオントラック制御によれば、記録トラック11に対する磁気ヘッド18軌跡の偏心に基づく変位量u(N)を電流指示値cに設定することによって、フィードバック制御のみでは達成しきれない記録トラック11に対する磁気ヘッド18の正確な追従が達成される。しかも、実際に磁気ディスク10を回転させながら偏心量eを測定するので、常に正確な磁気ヘッド18の追従を期待することができる。偏心量eの測定時と偏心補正値の波形u(N)とが同期化されれば、磁気ディスク10上のどの位置から偏心量e測定を始めても正確な電流指示値cを得ることができる。

【0046】なお、キャッシングサーボ回路26は、デジタル信号処理装置(DSP)によって構成されればよく、前述した処理は、DSPに設定されるソフトウェア処理によって実行されればよい。また、前述した実施形態では、ディスクの1回転ごとに余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bが更新されたが、記録トラック11に対する磁気ヘッド18の追従が約束された時点で余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bの更新を中止するようにしてもよい。

【0047】図9は本発明の第2実施形態に係るキャッシングサーボ回路26の構成を示す。このキャッシングサーボ回路26では、第1実施形態のようにディスク1回転ごとに余弦波振幅Aおよび正弦波振幅Bが算出されるとともに、ディスク1/2回転ごとに余弦波振幅A1および正弦波振幅B1が算出される。こうしたディスク1/2回転ごとの余弦波振幅A1および正弦波振幅B1によって、ディスク1/2回転を1周期として変化する偏心補正値u(N)=A1cos(N)+B1sin(N)が得られる。得られた偏心補正値u(N)=Acos(N)+Bsin(N)およびu(N)=A1cos(N)+B1sin(N)がともに電流指示値cに設定される。これにより、ディスク1回転を1周期に変化する記録トラック半径方向ずれ量と、ディスク1/2回転を1周期に変化する記録トラック半径方向ずれ量とともに補正されることとなる。余弦波振幅A1および正弦波振幅B1の算出にあたっては、偏心量測定器36、補正変数計算器37および偏心補正値計算器34に、周

期設定器40で分解された複数周期のセクタ番号変数Nすなわち角変数θが入力される。ここでは、ディスク1／2回転ごとに同一の余弦波振幅A1および正弦波振幅B1を用いたが、ディスク1回転内で周期ごとに異なる例えば余弦波振幅A1、A2および正弦波振幅B1、B2を用いるようにしてもよい。

#### 【0048】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、ヘッド軌跡偏心円および記録トラック間の偏心量によって生じるずれ量 $u(\theta) = A \cos(\theta) + B \sin(\theta)$ を用いることにより、フィードバック制御のみでは達成しきれない記録トラックに対するヘッドの正確な追従が達成される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】磁気ディスクの構造を概略的に示す図である。

【図2】サーボフレームの構造を概略的に示す図である。

【図3】記録トラックとヘッド軌跡偏心円との乖離量を示す図である。

【図4】ディスク1回転に対する乖離量の変化を示すグラフである。

【図5】ハードディスク装置(HDD)の制御系を概略的に示すブロック図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係るトラッキングサ\*

\*一ボ回路の構成を示すブロック図である。

【図7】コマンド処理タスクの処理手順を示すフローチャートである。

【図8】偏心補正值計算の処理手順を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第2実施形態に係るトラッキングサ一ボ回路の構成を示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

10 ディスクとしての磁気ディスク、11 記録トラック、12 セクタ、ヘッドとしての磁気ヘッド、20 記録ディスク装置としてのハードディスク装置(HDD)、26 ヘッド位置決め制御回路としてのトラッキングサーボ回路、34 補正値計算器、36 偏心量測定器、37 補正変数計算器、38 補正変数記憶器、N 角変数θとしてのセクタ番号変数、TR ヘッド軌跡偏心円、a ずれ量x成分の総計値、b ずれ量y成分の総計値、e 偏心量、q 記録トラック半径方向ずれ量、u(θ) 記録トラック半径方向ずれ量としての偏心補正值。

#### 【手続補正2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】

